

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS,**  
**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

LEONARDO CAMPOS LOPES

**IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA EM UMA**  
**FÁBRICA DE EQUIPAMENTOS ODONTOLÓGICOS E MÉDICOS**

ITUIUTABA – MG

2019

**LEONARDO CAMPOS LOPES**

**IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA EM UMA  
FÁBRICA DE EQUIPAMENTOS ODONTOLÓGICOS E MÉDICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à banca examinadora da  
Universidade Federal de Uberlândia  
como parte das exigências para a  
obtenção do título de bacharel em  
Engenharia de Produção.

Ituiutaba, 2019.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Fernando de Araújo  
Orientador

---

Profª. Dra. Déborah Oliveira Almeida Carvalho

---

Prof. Dr. Fernando Lourenço de Souza

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter me dado dom da vida e ter me concedido a oportunidade de ingressar em uma universidade e poder concluir meus estudos.

Agradeço aos meus pais que não mediram esforços, apesar de inúmeros, para realizar meu sonho de estudar em uma universidade federal, estiveram sempre presentes nos momentos de felicidade e dificuldade. Minha família como um todo, irmãs, avós, tios que também sempre me apoiaram e ajudaram da melhor maneira possível.

Agradeço a todas as pessoas que passaram na minha caminha durante estes 5 anos de faculdade, seja como colegas de classe, ou como verdadeiros amigos, todos fizeram deste período especial, o qual jamais vou me esquecer.

Agradeço ao corpo docente do curso de Engenharia de Produção, especialmente ao Prof. Dr. Fernando Araújo, que não foi somente um orientador mais um amigo durante toda trajetória universitária, assim como outros docentes.

*“Sonhos determinam o que você quer.  
Ação determina o que você conquista.”*  
*Aldo Novak*

## RESUMO

O presente trabalho tem como base a análise do processo produtivo de uma indústria do segmento médico e odontológico, tendo como objetivo aumentar a disponibilidade das máquinas presentes nos principais setores de fabricação. Utilizando a metodologia TPM - *Total Productive Maintenance*, como referência a proposta foi aplicar práticas do pilar de Manutenção Autônoma na linha de produção para diminuir o tempo de parada de manutenção corretiva em cada máquina. Atualmente garantir que os equipamentos estejam disponíveis pelo maior período de tempo possível para produção nas condições ideais, é essencial para que a eficiência seja cada vez maior. Buscando atingir resultados deste tipo é importante garantir uma rotina de atividades preventivas realizadas pelo operador da máquina e capacitá-lo para garantir a efetividade das tarefas propostas. Atrelado as atividades de manutenção autônoma tem-se o programa 5S que garante que o ambiente de trabalho seja propício para receber a implementação da metodologia e seus pilares.

**Palavras-chave:** TPM; Manutenção Autônoma; 5S.

## ABSTRACT

The present work is based on the analysis of the productive process of an industry of the medical and dental segment, aiming to increase the availability of the machines present in the main manufacturing sectors. Using the TPM - Total Productive Maintenance methodology, as a reference the proposal was to apply practices of the Autonomous Maintenance pillar in the production line to reduce the corrective maintenance downtime in each machine. Today, ensuring that equipment is available for as long as possible for production under optimal conditions is essential for increasing efficiency. In order to achieve results of this type, it is important to ensure a routine preventive activities performed by the machine operator and to enable them to ensure the effectiveness of the proposed tasks. Linked to autonomous maintenance activities is the 5S program that ensures that the work environment is conducive to receiving the implementation of the methodology and its pillars.

**Keywords:** TPM; Autonomous maintenance; 5S.

## Sumário

<b>1.</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>11</b>
1.1.	Objetivos .....	12
1.1.1.	Objetivo Geral.....	12
1.1.2.	Objetivos Específicos.....	12
1.2.	Justificativa .....	12
<b>2.</b>	<b>Referencial Teórico .....</b>	<b>13</b>
2.1.	Manutenção Industrial.....	13
2.2.	TPM – Manutenção Produtiva Total.....	15
2.2.1.	As Grandes Perdas .....	18
2.2.2.	Metodologia 5S .....	19
2.2.3.	Os Pilares de Manutenção Produtiva Total – TPM.....	20
2.2.3.1.	Pilar Manutenção Autônoma.....	21
2.2.3.2.	Pilar Manutenção Planejada .....	23
2.2.3.3.	Pilar Melhoria Específica .....	24
2.2.3.4.	Pilar de Educação e Treinamento.....	25
2.2.3.5.	Pilar Segurança, Saúde e Meio Ambiente.....	27
2.2.3.7.	Pilar Controle Inicial .....	30
2.2.3.8.	Pilar Administrativo .....	30
2.3.	Ferramentas de Suporte na Implementação do TPM .....	31
2.3.1.	Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action).....	31
2.3.2.	Ciclo SDCA (Standard, Do, Check, Action).....	32
2.3.3.	Análise de Causa e Efeito – Diagrama de Ishikawa.....	33
2.3.4.	Estratificação.....	34
2.3.5.	FMEA – Failure Mode and Effect Analysis.....	34
2.3.6.	5 Porquês .....	35
2.4.	Gerenciamento de Projetos dentro do TPM .....	36
2.4.1.	SEIS SIGMA.....	36
2.4.2.	DMAIC .....	37
2.4.2.1.	Definir – Define (D).....	37
2.4.2.2.	Medir – Measure (M) .....	38
2.4.2.3.	Analisar – Analyze (A) .....	38
2.4.2.4.	Implementar/ Melhorar – Improve (I) .....	39

2.4.2.5. Controlar – Control (C) .....	40
<b>3. Metodologia .....</b>	<b>40</b>
<b>4. Desenvolvimento.....</b>	<b>41</b>
4.1. Caracterização da empresa .....	41
4.2. Caracterização da área em estudo .....	42
4.3. Fluxo de Produção de Consultório Odontológico .....	43
4.4. Estudo de Caso .....	44
4.5. Resultados e Discussões.....	45
4.6. Considerações finais.....	53
<b>5. Conclusão .....</b>	<b>53</b>
<b>6. Referências bibliográficas.....</b>	<b>55</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Primeira Geração da Manutenção.....	14
Figura 2- Segunda Geração da Manutenção.....	15
Figura 3 - Evolução da Manutenção Produtiva Total.....	16
Figura 4 - Os 8 (oito) Pilares do TPM.....	18
Figura 5- Lição Ponto a Ponto.....	27
Figura 6 Ciclo PDCA para atingimento de metas .....	32
Figura 7 - Diagrama de Causa e Efeito .....	33
Figura 8 - Planilha FMEA.....	35
Figura 9 Organograma Empresarial .....	42
Figura 10 Check List programa 5S Alliage.....	46
Figura 11 Cronograma treinamento TPM - Pilar Manutenção Autônoma.....	47
Figura 12 Restauração Serra Starret.....	48
Figura 13 Manual de Inspeção, Lubrificação e Limpeza - Máquina Laser.....	49
Figura 14 Etiqueta de Identificação de Anomalias - Verde .....	50
Figura 15 Composição das Reuniões Operacionais Alliage.....	51
Figura 16 - Gráfico do histórico de paradas por manutenção corretiva .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de Componentes Consultório por nível .....	43
Tabela 2 - Máquinas setor de Estamparia .....	44
Tabela 3 - Paradas por Manutenção Corretiva por mês .....	52

## 1. Introdução

Em um mundo globalizado e em desenvolvimento tecnológico constante, a cada dia é exigido uma maior flexibilidade das empresas em busca de meios para sobreviver a um ambiente cada vez mais competitivo e inovador. O cenário do mercado atual é composto por fatores como maior concorrência, alta velocidade de mudanças e, acima de tudo, clientes cada vez mais exigentes e atentos a qualidade e preço dos produtos finais.

Segundo Deming (1990), as ferramentas de gestão possibilitam melhorias de processo e controle de qualidade, de modo que, os custos sejam menores e em contrapartida a satisfação do cliente é maior. Assim o investimento e a aplicação de metodologias de gestão vêm crescendo com o passar do tempo, possibilitando que as empresas que obtêm sucesso na implementação se destaquem no mercado.

Uma das metodologias de gestão aplicada atualmente é o TPM – *Total Productive Maintenance*, ou Manutenção Produtiva Total, que com a evolução de sua aplicação pode ser também chamado de *Total Performance Management* – Gestão da Performance Total, que de acordo com Carrijo (2008), é uma importante ferramenta para eliminação de perdas, identificação de oportunidades e melhorias na eficiência, visando atingir “zero acidente, zero desperdício e zero quebra”.

Os ganhos com o TPM são inúmeros, o maior deles é a confiabilidade que os equipamentos passam a apresentar, sendo alguns dos demais uma maior produtividade, qualidade, processos mais confiáveis, ambiente de trabalho mais seguro. Sendo que estes resultados são obtidos através da capacitação e desenvolvimento dos funcionários, que consequentemente, resultam em elevação na eficiência da empresa, atendendo Qualidade, Custo (mensurado durante todo processo), Entrega (superando ou atendendo as condições), Moral (colaboradores satisfeitos) e Segurança, que segundo Campos (2014), são as dimensões da Qualidade Total.

A metodologia TPM é literalmente composta por oito pilares que envolvem todo ambiente empresarial com o desenvolvimento da implementação do programa, o primeiro pilar é chamado Manutenção Autônoma e tem como objetivo explorar o lado multifuncional dos operadores de máquina, unindo manutenção e operação em um mesmo time dentro da indústria.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo Geral**

O objetivo do trabalho é identificar os resultados obtidos da implementação do primeiro pilar, Manutenção Autônoma, da metodologia TPM, em uma indústria de equipamentos do segmento médico e odontológico, localizada na cidade de Ribeirão Preto, no estado de São Paulo.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Explicar os objetivos da metodologia TPM;
- Apresentar os pilares da metodologia TPM de forma geral;
- Explorar as ferramentas que auxiliam a implantação da metodologia;
- Estudo de caso da implementação da Manutenção Autônoma;
- Identificar os resultados do projeto.

## **1.2. Justificativa**

Para uma linha de produção cada vez mais produtiva com índices, como o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) que me medem a eficiência de equipamentos de forma global, cada vez mais elevados, as paradas corretivas precisam ser cada vez mais reduzidas até atingirem o “zero”.

Reduzir as paradas não planejadas dentro da linha produtiva tende a aumentar consideravelmente a eficiência do processo, consequentemente aumentando a produtividade e qualidade do mesmo. Para as empresas esta redução significa maior poder de competitividade dentro do mercado, e maiores possibilidades de desenvolvimento e significantes melhorias, gerando maior lucro.

O TPM, portanto, se mostra uma metodologia eficiente e de sucesso para redução de paradas, além de desenvolvimento dos colaboradores, através da aplicação de conceitos e ferramentas advindas do sistema Toyota de produção.

## **2. Referencial Teórico**

O tópico presente apresenta o embasamento teórico de todos assuntos que serão utilizados durante o desenvolvimento do trabalho.

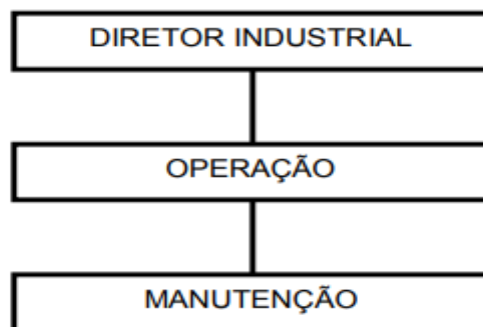
### **2.1. Manutenção Industrial**

No contexto da segunda revolução industrial, iniciada na segunda metade do século XIX e finalizada no meio da Segunda Guerra Mundial, surgiram inúmeras mudanças nos mais diversos setores da indústria, como por exemplo, a necessidade de mecanização dos processos e o desenvolvimento mecânico e tecnológico, com objetivo de aumentar a produtividade e, consequentemente, reduzir custos.

A primeira estrutura de manutenção, segundo Tavares (1996), começou com os próprios operadores de máquina executando os reparos necessários durante o processo produtivo, pois as fábricas não possuíam uma equipe específica somente para manutenção, justificando assim, a necessidade de envolver toda equipe de operários para realizar os serviços, que futuramente, se tornariam de responsabilidade da equipe de manutenção industrial.

Com a necessidade de elevar os índices de produtividade, no final da primeira Guerra Mundial, as indústrias começaram a buscar alternativas para redução de tempo de máquinas paradas, ou seja, dentro deste contexto era necessário executar os reparos de em máquinas quebradas no menor tempo possível. Uma alternativa encontrada foi a criação de uma equipe, subordinada a produção, com a hierarquia ilustrada na Figura 1, especializada em atender os serviços de manutenção que surgissem na linha produtiva, assim surge, segunda Pinto (1999), a Primeira Geração da Manutenção, com foco predominante em manutenção corretiva.

FIGURA 1 - PRIMEIRA GERAÇÃO DA MANUTENÇÃO

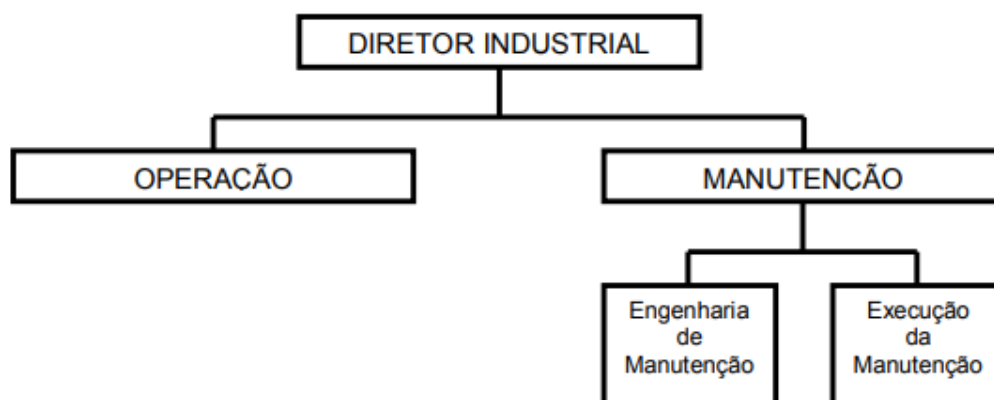


FONTE: TAVARES (1996)

Com passar do tempo e o desenvolvimento da indústria já não era viável, somente, atender os problemas, uma manutenção reativa, mas também evitar que as falhas ocorressem, surgindo o que é chamado de manutenções preventivas, que buscavam manter as máquinas dentro das condições ideais, de forma que o número de falhas fosse cada vez menor e reparado no menor tempo possível, quando estas acontecessem. Segundo Tavares (1996) e Pinto (1999), esta nova organização foi chamada de Segunda Geração da Manutenção, a qual passou a ser independente da operação.

Neste mesmo período de desenvolvimento industrial, houve uma evolução eletrônica, a qual influenciou a equipe de gestão questionar, não somente, o tempo gasto para reparar as falhas, mas também a velocidade com qual as falhas eram percebidas pela equipe de manutenção industrial. Tavares (1996), justifica, com este cenário, a criação de uma outra equipe dentro da manutenção, pois os técnicos eram responsáveis pela realização dos serviços, e para otimização da velocidade era crucial um novo time que atuaria no planejamento e controle dos mesmos, conhecida como Engenharia de Manutenção. Estas mudanças fizeram que o novo organograma fosse como mostrado na Figura 2.

FIGURA 2- SEGUNDA GERAÇÃO DA MANUTENÇÃO



FONTE: TAVARES (1996)

Também na segunda geração da manutenção, com o surgimento dos computadores, e a presença dos mesmos no ambiente industrial, passa a se traçar estratégias de manutenção e estudar os tipos de falhas, sendo assim possível ter uma previsão de quando elas fossem ocorrer.

Com o surgimento do sistema Toyota de produção, e as ferramentas de gestão empresarial, surge a Terceira Geração da Manutenção, a qual se baseia no conceito de manutenção preditiva e também de confiabilidade e disponibilidade. Dentro deste contexto no Japão, através do JIPM – *Japan Institute of Plant Maintenance*, que em 1971, segundo Carrijo (2008), premiou a empresa Nippondenso por suas práticas de manutenção, referência para o crescimento e desenvolvimento do TPM – *Total Productive Maintenance*, traduzido livremente como, Manutenção Produtiva Total.

## 2.2. TPM – Manutenção Produtiva Total

Com o desenvolvimento da manutenção dentro da indústria e a necessidade de atender as demandas que foram surgindo com o passar do tempo, surge o TPM como uma metodologia, segundo Carrijo (2008), com objetivo claro de melhorar a eficiência das linhas de produção, o ambiente de trabalho e a confiabilidade dos equipamentos e máquinas. Imai (2000) classifica o TPM, como um método de gestão que através do

desenvolvimento de conhecimentos, mudando a cultura organizacional, para um ambiente de prevenção e melhoria contínua, é capaz de identificar e eliminar as perdas existentes em todo processo produtivo, entregando produtos a custos ótimos e de alta qualidade.

Monteiro (2015) e Capetti (2005) mostram que até a década de 50 o conceito utilizado era o de manutenção pós quebra, até os americanos desenvolverem a manutenção preventiva e anos mais tarde os japoneses, através dos pilares de Confiabilidade, Manutenibilidade e Economia, criarem o que é conhecido por manutenção produtiva, essa evolução é evidenciada na Figura 3.

**FIGURA 3 - EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL**

	1950	1960	1970	1980	1990
manutenção por quebra (BM)					
1951 manutenção preventiva (PM)					
1957 manutenção corretiva (CM)					
		1960 prevenção da manutenção (MP)			
		1960 manutenção produtiva (PM) = BM+PM+CM+MP	1971 manutenção produtiva total (TPM)		
				1980 manutenção preditiva (PM)	
	Era da manutenção baseada no tempo (TBM)			Era da manutenção baseada na condição (CBM)	

**FONTE: CAPETTI (2005)**

A metodologia TPM, surgiu nas áreas de produção e manutenção, afim de eliminar quebras de equipamentos por conta de deterioração, não percebidas a tempo de serem reparadas evitando a quebra. Segundo Carrijo (2008), percebeu-se a necessidade de criar na equipe operacional o sentimento de dono, de modo que, através de capacitação e técnicas de treinamento, os operadores comecem a cuidar e conhecer melhor suas máquinas. Conforme essas práticas foram mostrando resultados, os conceitos desenvolvidos dentro da linha de produção foram se expandindo para toda fábrica, como



qualidade, segurança, entre outros, e em algumas empresas, até para áreas administrativas.

Como já citado no presente trabalho, a entidade responsável pelo TPM nas empresas do mundo é a JIPM, e define que a metodologia implementada é capaz de (JIPM, 2002):

1) O TPM orienta e constrói uma cultura corporativa para maximizar o uso do sistema de produção e melhorar o Overall Equipment Effectiveness (OEE) ou Rendimento Operacional Global do Equipamento;

2) constrói um sistema para prevenir todo tipo de perdas para buscar, por exemplo, “zero acidente, zero defeito e quebra zero”; baseado nos conceitos japoneses do Gemba (chão de fábrica) e Genbutsu (produto analisado), buscando estender o ciclo de vida do sistema produtivo;

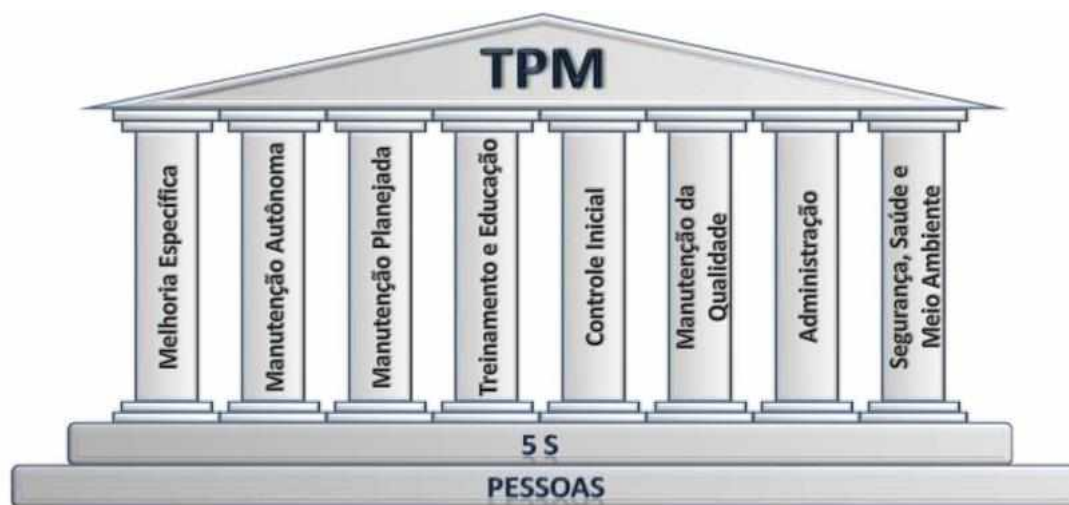
3) envolve todos os departamentos da empresa, incluindo produção, desenvolvimento de produtos, marketing e administração;

4) requer total envolvimento, desde o topo da administração, até o mais simples operário;

5) busca a perda zero por intermédio das atividades dos pequenos grupos autônomos.

Segundo Carrijo (2008) a metodologia atual TPM é composta por 8 (oito) pilares, sendo eles: Manutenção Autônoma (MA), Melhoria Específica (ME), Manutenção Planejada (MP), Educação e Treinamento (ET), Segurança e Meio Ambiente (SHE), Controle Inicial (CI), Manutenção da Qualidade (MQ) e por fim Áreas Administrativas (ADM), sendo estes fundamentados tendo como base as pessoas e o 5S, como mostrado na Figura 4.

FIGURA 4 - Os 8 (OITO) PILARES DO TPM



*FONTE: CARRIJO (2008)*

### 2.2.1. As Grandes Perdas

Como citado no tópico 5 das entregas da metodologia TPM, tem-se a redução ou a eliminação de perdas que causam paradas de produção, impactando diretamente na produtividade e em outros índices da empresa. Através de análises para combater as causas que provocam a queda do rendimento operacional dos equipamentos, é possível alcançar performances melhores. Essas causas podem ser divididas dentro de seis grupos, conhecido como as seis grandes perdas.

1. **Perda por falha/ quebra:** Ribeiro (2010) classifica esta como sendo a perda que representa a maior parte da queda de rendimento dos equipamentos, devido a quebras inesperadas e a quebras causadas pelo desgaste gradativo das máquinas. A teoria do iceberg, utilizada no TPM, acredita que a quebra das máquinas é a ponta do iceberg, visível, que são causadas pelas falhas invisíveis, que ocorrem no dia a dia de trabalho.
2. **Perda por setups:** Segundo Ribeiro (2010) esta perda ocorre em mudança de um produto para outro, e para isso as máquinas devem passar por um tempo de preparação.
3. **Perda por pequenas paradas:** Ribeiro (2010) descreve pequena parada, como uma interrupção momentânea no processo, que podem ser originadas por qualquer irregularidade durante o ciclo produtivo.

Normalmente estas paradas são interrompidas com pequenos ajustes antes do reinício da produção.

4. **Perda por queda de velocidade:** Quando algum problema técnico ou de qualidade, não permitem que o processo seja realizado em sua velocidade original, tem-se a perda por velocidade, segundo Ribeiro (2010).
5. **Perda por retrabalho ou produtos defeituosos:** Para Ribeiro (2010) um produto eliminado ou retrabalhado origina inúmeras perdas, como mão de obra, energia, matéria prima, que impactam negativamente o processo.
6. **Perda com *startup*:** são os fatores que impedem que o processo seja estável, segundo Ribeiro (2010), como mão de obra sem treinamento, falta de manutenção, falta de matéria prima, entre outras.

### 2.2.2. Metodologia 5S

A metodologia 5S, é tido como base para implementação do TPM, uma vez que, segundo Ribeiro (1999), cria uma importante preparação ambiental, mudando hábitos, atitudes e valores de toda equipe operacional e administrativa da organização. Para empresas japonesas, país de origem da metodologia, é uma mudança quase não percebida dentro do ambiente industrial, porém quando esta mudança acontece nas empresas brasileiras, a resistência enfrentada é grande, tornando o processo de implementação mais complicado e longo.

O programa é formado atividades que buscam criar nas pessoas uma cultura de limpeza, organização, padronização e autodisciplina, que podem ser aplicadas não somente no ambiente industrial como também pessoal de cada um. Segundo Oliveira; Lima (2002), o 5S prepara os funcionários para a reformulação das atividades de manutenção e produção, que serão propostas na implementação do TPM, de modo que eles desenvolvam um senso crítico e se identifiquem com o sentimento de dono.

Ribeiro (1999) lista os cinco sentidos da seguinte forma:

- SEIRI, o primeiro senso, senso de Utilização: tem como principal objetivo eliminar os desperdícios e melhorar o ambiente, através da consciência de guardar somente aquilo que é necessário para as atividades.

- SEITON, o segundo senso, senso de Organização: tem o objetivo de manter o ambiente organizado, eliminando tempo e desgastes para acessar os itens necessários que foram selecionados no primeiro senso.
- SEISO, o terceiro senso, senso de Limpeza: tem o objetivo de aumentar a vida útil dos equipamentos e instalações, amenizando a deterioração e mantendo um ambiente visualmente leve.
- SEIKETSU, o quarto senso, senso de Padronização: o principal objetivo deste senso é manter as melhorias alcançadas nos primeiros três sentidos.
- SHITSUKE, o último senso, senso da Autodisciplina: talvez este seja o senso com maior dificuldade de implementação, pois visa desenvolver mudança na cultura das pessoas, para um espírito de equipe, e senso crítico de aplicar o programa sempre que necessário.

Segundo Takasan apud Ribeiro (2001), o 5S é o grande começo e o ponto de partida para toda implementação do TPM, e sua aplicação oferece vantagem competitiva a todas as empresas que o adotam, pois desperta nos operadores o princípio de atividades espontâneas.

Como não poderia ser diferente para que seja obtido sucesso no 5S e consequentemente no TPM, o foco é voltado para todas as pessoas que estão envolvidas no processo produtivo na empresa, justificando assim como base do modelo de gestão TPM, as pessoas e o programa 5S.

### **2.2.3. Os Pilares de Manutenção Produtiva Total – TPM**

Buscando atingir as metas previstas, tais como, maior produtividade, qualidade do produto e de atendimento, segurança, e custos ótimos de produção, o TPM tem suas atividades divididas em oito pilares, cada um com um foco específico. As atividades de cada pilar são pensadas de modo a eliminar ou reduzir as seis grandes perdas já citadas neste presente trabalho.

Carrijo (2008), descreve os pilares como uma maneira de manter a implementação da metodologia estruturada, com projetos focados nas metas de cada um, as equipes destes pilares são multidisciplinares de forma a envolver todos os setores da empresa, de forma a adaptar cada pilar a realidade da indústria.

### **2.2.3.1. Pilar Manutenção Autônoma**

Considerado como principal pilar da metodologia TPM, este é o primeiro a ser implantado, segundo Carrijo (2008), servindo assim de guia para os demais pilares. O objetivo do pilar de Manutenção Autônoma (MA) é desenvolver os operadores, em conhecimento e habilidade, afim de que o time de operação tenha cada vez mais domínio de seus equipamentos. Também dentro deste pilar é desenvolvido a filosofia do sentimento de dono nos operadores, visando promover ações autônomas, afim de criar ambientes de trabalho limpos e organizados, onde as anomalias são identificadas e eliminadas o mais rápido possível.

Como resultado da implantação do pilar MA as quebras são menores, pois as anomalias invisíveis, passam a ser cada vez menos recorrentes, devido a criação de padrões de procedimentos para manter as condições de limpeza, inspeção e conservação ideais. Prado Filho e Ribeiro (2013) e Carrijo (2008) dividem a implantação deste pilar em seis etapas, identificadas a seguir:

1º Etapa - Limpeza Inicial: nesta etapa a operação é conscientizada sobre a importância da limpeza das máquinas para identificação das anomalias no dia a dia de produção. Os operadores passam a entender que uma limpeza intensa nos seus equipamentos e no ambiente de trabalho é também uma forma de inspeção periódica. Quando as anomalias são encontradas elas são identificadas através do sistema de etiquetagem e devem ser resolvidas conforme um sistema de prioridades.

Nesta etapa os materiais que não são utilizados no setor são retirados, aplicando o primeiro senso do programa 5S, utilização, pois tudo que esteja no setor sem ser utilizado pode causar dificuldades para organização e limpeza da área de trabalho, risco de acidentes, além de dificultar para que o time de operação desenvolva um senso crítico para os verdadeiros problemas.

Segundo Santos; Oliveira; Dias (2001) os operadores estão em contato com os equipamentos diariamente, assim, eles devem ser capazes de atuarem como sensores, prevendo grande parte das falhas antes delas ocorrerem.

2º Etapa – Eliminação de Locais de Difícil Acesso para Limpeza, Lubrificação e Inspeção: como na primeira etapa a importância da limpeza é destacada para todo time de operação, na segunda etapa o foco é facilitar para que as atividades de limpeza, lubrificação e inspeção dos equipamentos seja rápida e eficaz. Como forma da redução

deste tempo é realizada a identificação de locais de difícil acesso e depois formas de amenizar ou eliminar os impactos causados por estes locais.

3º Etapa – Padrão Provisório de Limpeza, Inspeção e Lubrificação: o principal objetivo desta etapa é manter os resultados obtidos nas duas primeiras etapas de implantação do pilar, criando um documento físico de uso operacional. Este padrão deve conter informações do item que deve ser limpo, inspecionado ou lubrificado, como será realizada a atividade, o tempo necessário, quando a atividade deve ser realizada e quem será o responsável por realizar a tarefa.

Segundo Fielding (2000) com a introdução do pilar MA, o Tempo Médio Entre Falhas – TMEF, um importante indicador de manutenção industrial, aumenta de forma considerável, o que torna possível estabelecer procedimentos padronizados de limpeza e lubrificação.

4º Etapa – Inspeção Geral: o foco desta etapa é o desenvolvimento do time de operação, aprofundando seus conhecimentos sobre suas máquinas, conhecendo e inspecionando pontos críticos para o funcionamento do equipamento. É realizado junto com a Manutenção, uma inspeção geral da máquina, de modo que, o operador se torne mais capacitado a realizar a manutenção autônoma.

É importante nesta etapa destacar o que Mirshawka; Olmedo (1994) chamam de Manutenção Participativa, que não tem como objetivo eliminar as funções e serviços de manutenção, mas sim elevar o nível de atendimento. A troca de experiências entre operação e manutenção é essencial para o progresso do TPM, elevando o nível de formação dos operadores.

5º Etapa – Inspeção Geral dos Processos: a partir desta etapa os operadores são mais independentes da manutenção, sendo o próprio time de operação, que dentro do pilar são chamados de Grupo de Trabalhadores Autônomos – GTA, responsáveis por realizar a inspeção nos equipamentos.

6º Etapa – Padronização de Manutenção Autônoma: esta etapa tem como finalidade garantir a melhor eficiência de todo pilar MA, consolidando tudo que foi construído nas etapas anteriores, através da otimização da operação, tornando cada vez mais autônomos os grupos de trabalho.

### **2.2.3.2. Pilar Manutenção Planejada**

Segundo Carrijo (2008), o pilar de Manutenção Planejada (MP), tem como objetivo realizar melhorias no sistema de manutenção, capazes de elevar o índice de disponibilidade dos equipamentos, reduzindo gradativamente as quebras e anomalias até a eliminação total, formando uma mão de obra técnica e especializada, resultando em menores custos na manutenção.

Conforme Ribeiro (2010) o pilar MP deve ser capaz de detectar e tratar as anomalias que surgem nos equipamentos antes que estas se tornem quebras. Consequentemente deve ser desenvolvido um sistema de manutenção que elimine as atividades não programadas. Fielding (2000) define então de forma resumida este pilar como tendo o objetivo de reduzir as quebras, aumentando a disponibilidade e abaixando o custo de manutenção.

Para Prado Filho e Ribeiro (2013) existem seis etapas para implantação deste pilar, sendo elas:

1º Etapa – Compreender a situação atual dos equipamentos: existem inúmeras atividades para serem realizadas nesta etapa de implantação do pilar MP, sendo a principal fazer uma avaliação dos equipamentos e compreender a situação atual, e a partir desta atividade, determinar as metas de manutenção e o nível aceitável de falhas. É importante nesta etapa organizar toda parte de registros e documentação dos equipamentos, como manuais e registros de manutenção.

2º Etapa – Estabelecer uma organização de melhoria individual: a partir desta etapa é importante que sejam criadas e utilizadas ferramentas de estudo das causas das quebras dos equipamentos, de modo que, as atividades de MA sejam cada vez mais eficazes e os pontos fracos sejam melhorados, desta forma a vida útil das máquinas tende a ser cada vez maior.

3º Etapa – Controle de Informações: o principal objetivo desta etapa é estruturar o sistema de controle de dados, sobre as quebras, manutenções, falhas, de forma que seja de fácil acesso aos técnicos de manutenção. Como grande entrega desta etapa tem-se uma melhora no desempenho da manutenção, consequentemente, redução de custos.

4º Etapa – Criação de um sistema de manutenção programada: é importante que nesta etapa ocorra uma estruturação para que a manutenção seja baseada em dados, que auxiliam a determinar quais atividades e com que frequência devem ser executadas.

5º Etapa – Criação de um sistema de manutenção preditiva: nesta etapa ocorre a organização de dados de forma que os conceitos de manutenção preditiva, como aperfeiçoamento da troca de peças, sejam colocados em prática. Essa manutenção indica a condição real das máquinas, com base em dados que indicam o desgaste de todos componentes, fazendo que o seja utilizado o máximo da vida útil de cada peça.

6º Etapa – Mensuração dos resultados de manutenção: a principal função desta etapa é fazer um diagnóstico do que foi realizado nas outras etapas, e verificar os resultados obtidos, seja em confiabilidade dos equipamentos ou custos de manutenção.

### **2.2.3.3. Pilar Melhoria Específica**

Cotrim (2002) entende como sendo ente pilar responsável por abordar e eliminar as grandes perdas e melhorar a eficiência do processo produtivo. Deste modo este é o pilar responsável por realizar o estudo de qual são os principais problemas dentro do processo e quais são as ferramentas que podem ser utilizadas para eliminá-los.

Segundo Carrijo (2008) o pilar de ME não é baseado em etapas para implantação, uma vez que suas atividades se repetem independente do estágio que se encontra a implementação da metodologia TPM na empresa. As etapas de melhoria específica são basicamente, definir as principais perdas da empresa, escolher qual será o critério utilizado para valorização das perdas, quais serão as metodologias utilizadas na empresa para eliminar as perdas, estruturar a árvore de perdas da empresa.

Neste pilar é importante que algumas atividades sejam sempre realizadas, em uma estrutura que se assemelha a um ciclo. A primeira atividade deste “ciclo” é levantar as perdas e suas causas raiz, depois construir uma árvore de causas para as possíveis causas raiz identificadas anteriormente, feito estas duas atividades é importante criar um cronograma que defina quais atividades serão realizadas e quando, visando a eliminação das causas identificadas. No final deste processo o pilar deve se reunir e entender quais foram os impactos das atividades no processo e recomençar a análise das principais perdas.

Um exemplo bastante utilizado nas empresas para realizar a medição de perdas é o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) traduzido como Rendimento Global do



Equipamento. Este índice envolve três componentes relacionados as seis grandes perdas, segundo Resende e Silva (2013), sendo *performance*, disponibilidade e qualidade. Sendo que a disponibilidade está relacionada com a perda por falha e *setup*, qualidade abrange as perdas de retrabalho e *startup*, e por fim, desempenho foca nas perdas de pequenas paradas e velocidade reduzida.

#### **2.2.3.4. Pilar de Educação e Treinamento**

Segundo Carrijo (2008) a partir do momento em que a decisão de implantação da metodologia TPM é tomada, muitas mudanças devem ocorrer na cultura organizacional e nas pessoas envolvidas com a empresa. A melhor maneira de conseguir que essas mudanças é através educação, da melhoria do nível de educação das pessoas, em conjunto com um projeto de treinamento focado nas necessidades de cada setor.

Para Pinto; Xavier (1999) o treinamento é uma das principais alavancas de mudanças, sendo essencial para o desenvolvimento das pessoas. Por essa razão Fielding (2000) acredita que uma companhia que está implementando o TPM deve investir em treinamento, afim de garantir que os operadores e o corpo técnico da manutenção possam cuidar e gerenciar suas máquinas corretamente. Para que isso seja possível os operadores necessitam:

- Entender quais as principais funções e mecanismos de suas máquinas, sendo capazes de identificar os problemas e suas possíveis causas;
- Saber diferenciar o que é o funcionamento normal e anormal de suas máquinas;
- Realizar corretamente a manutenção diária, proposta pelo pilar MA, nos equipamentos.

Suzuki (1994) entende que no TPM são abordas duas formas de treinamento, sendo elas, o treinamento no local de trabalho e o autodesenvolvimento, sendo ambos de responsabilidade do pilar E&T. Existem seis etapas para que o pilar seja implantado e assegure a eficácia dos treinamentos e desenvolvimento de habilidades:

1º Etapa – Política e Diretrizes: primeiramente deve-se analisar o cenário atual de treinamento na empresa, e quais são os problemas enfrentados no dia a dia, pois assim é possível estabelecer as políticas, objetivos e diretrizes de um programa de treinamento focado nos problemas.

2º Etapa – Plano de Desenvolvimento: esta etapa é importante para definir um programa para desenvolver as habilidades da operação e manutenção.

3º Etapa – Plano de Habilidades: nesta etapa é montado um plano das habilidades que são exigidas para cada função, e consequentemente, quais são os treinamentos necessários para atingir essas atividades.

4º Etapa – Plano de Desenvolvimento a Longo Prazo: o objetivo desta etapa é planejar o desenvolvimento das habilidades a longo prazo, de modo que as pessoas sejam capacitadas a assumir novos desafios.

5º Etapa – Autodesenvolvimento: nesta etapa deve-se criar um ambiente que incentive o autodesenvolvimento, onde cada colaborador busque fortalecer seus pontos fracos e desenvolver suas habilidades sozinho.

6º Etapa – Avaliar as atividades e planejar: a cada período de tempo é importante que o pilar revise as atividades de treinamento, verificando se houve progresso dos operadores e o andamento da matriz de habilidades, garantindo que as necessidades reais da empresa sejam atendidas.

Assim o time de operação é capaz de desenvolver melhorias nos equipamentos. Uma ferramenta essencial para este pilar, como aliada para multiplicar o conhecimento é a Lição Ponto a Ponto (LPP), definida por Carrijo (2008) como uma maneira simples de treinar os operadores no local de trabalho, através de lições aprendidas sobre um tema, que são ilustradas pelo próprio operados através de fotos, ou desenhos, em uma folha de papel, registrando as melhorias realizadas. A Figura 5 ilustra um modelo de lição ponto a ponto sugerido por Suzuki (1994).

FIGURA 5- LIÇÃO PONTO A PONTO

<b>TPM</b> Manutenção Preventiva Total	<b>LPP</b> <b>LIÇÃO PONTO A PONTO</b>		Nº _____
			DATA _____
Tema: _____			
Classificação:	<input type="checkbox"/> Conhecimentos Básicos <input type="checkbox"/> Problemas <input type="checkbox"/> Melhorias	<input type="checkbox"/> Segurança <input type="checkbox"/> Meio Ambiente <input type="checkbox"/> Manutenção	<input type="checkbox"/> Operação <input type="checkbox"/> Administração <input type="checkbox"/> Outros
Data Revisão: _____ Instrutor: _____ Participantes: _____ _____			

FONTE: ADAPTADO DE (SUZUKI, 1994)

#### 2.2.3.5. Pilar Segurança, Saúde e Meio Ambiente

Ribeiro (2010) inclui nos conceitos básicos do TPM a eliminação de acidentes e poluição, os quais são de responsabilidade do pilar Segurança, Saúde e Meio Ambiente, também conhecido como pilar SHE, devido a sigla originada do nome em inglês *Safety, Health and Environment*. Carrijo (2008) define como objetivo principal de SHE a busca por zero acidente e poluição zero, baseado no desenvolvimento de uma mentalidade de prevenção em relação a acidentes no ambiente industrial.

Acredita-se que os acidentes ocorrem devido a contribuição de quatro fatores, sendo eles: gerenciais, pessoais, mecânicos e ambientais. Para Ribeiro (1999), existem

estratégias dentro deste pilar que buscam contribuir para um ambiente de trabalho seguro para as pessoas, como por exemplo, desenvolver rotinas de segurança e auditorias periódicas de segurança.

Inicialmente o pilar deve garantir que os equipamentos da empresa sejam estáveis, de modo que, não exponham os funcionários a situações de perigo, e treinando os operadores a não realizarem procedimentos inadequados durante a operação.

#### **2.2.3.6. Pilar Manutenção da Qualidade**

O pilar de qualidade, ou pilar Q, está relacionado com a eliminação de perdas por qualidade, que são retrabalho e produtos defeituosos, Carrijo (2008) define como principal objetivo deste pilar é atingir o zero defeito nos produtos produzidos diariamente, e há duas formas para buscar este objetivo, sendo elas: prevenindo e corrigindo os problemas.

Suzuki (1994) classifica em quatro variáveis dentro do processo produtivo, as causas que podem impactar nas características de qualidade, conhecidas como os 4M's (Máquina, Matéria-prima, Mão de Obra e Método), sendo todos eles abordados dentro do pilar Q, e descritos abaixo:

- Máquinas: o pilar busca fazer com que as máquinas da empresa sejam capazes de produzir produtos com alto padrão de qualidade, apoiado nas práticas de MA e MP;
- Matéria Prima: o pilar busca especificar corretamente os tipos de materiais que podem ser utilizados no processo produtivo, afim de eliminar, defeitos ocasionados por matérias fora da especificação.
- Mão de Obra: o pilar busca, através de treinamentos, manter os operadores engajados nas atividades de MA e MP, que consequentemente impactam na qualidade dos produtos produzidos.
- Método: o pilar é responsável por desenvolver métodos que evitem que as falhas aconteçam, e identificar os que já existem de forma equivocada na empresa.

Para implantação do pilar manutenção da qualidade existem dez etapas, segundo Prado Filho e Ribeiro (2013), as quais serão descritas abaixo:

1º Etapa – Matriz Garantia da Qualidade ou Qualidade Assegurada (QA): esta etapa tem como finalidade definir a situação atual da empresa do ponto de vista da qualidade, portanto é desenvolvido um documento (matriz QA) que demonstra os problemas de qualidade e suas respectivas características, como linha, máquina e descrição, estes são elencados por criticidade no processo.

2º Etapa – Análise das condições dos 4M's: nesta etapa deve-se desenvolver uma ferramenta capaz de verificar qual a condição atual de cada um dos fatores do 4M, máquina, matéria prima, mão de obra e método. Posteriormente determina-se as condições ideais para cada fator.

3º Etapa – Planejar solução do problema: determinada as condições ideais de cada fator dos 4M's é possível identificar quais problemas são ocasionados quando estas condições não são seguidas.

Determinados os problemas o pilar deve desenvolver formas de solução para os mesmos, do mais simples ao mais complexo. Podendo ser ações corretivas ou até mesmo projetos de melhorias.

4º Etapa – Avaliar criticidades dos problemas: nesta etapa a equipe do pilar deve criar um critério de priorização dos problemas, para servir como base para elencar quais ações devem ser executadas primeiramente.

5º Etapa – Análise PM: nesta etapa deve ser definido o método que vai ser utilizado para realização da análise PM, para resolução dos problemas. A análise PM será detalhada posteriormente neste trabalho.

6º Etapa – Análise FMEA: nesta etapa a equipe do pilar deve definir o método para realização de FMEA para avaliação dos efeitos das ações propostas. A análise FMEA será apresentada posteriormente neste presente trabalho.

7º Etapa – Implementar Melhorias: com base nas ações que foram determinadas nas etapas 3 e 4, a sétima etapa visa decidir quais serão as formas de implementação e monitoramento.

8º Etapa – Revisão das 4M's: após implementada as ações é feita uma nova verificação nos 4M's, mensurando se as atividades realizadas foram efetivas, fazendo com que o processo esteja dentro dos padrões.

9º Etapa – Consolidação dos pontos de verificação: após verificar o resultado dos itens, os mesmos são estudados para entender sua criticidade e necessidade de inspeções rotineiras.

10º Etapa – Tabela de Controle: os itens classificados como pontos críticos para qualidade são inseridos em uma tabela, afim de garantir que serão executados diariamente, garantindo a manutenção dos resultados obtidos.

#### **2.2.3.7. Pilar Controle Inicial**

Pilar controle inicial ou EEM – *Early Equipment Management* (Gestão Antecipada de Equipamento) tem como objetivo segundo Suzuki (1994), garantir que o tempo do desenvolvimento inicial seja o menor possível, de forma que ocorra um *startup* vertical, ótimo desde o início. A equipe do pilar deve estudar todo ciclo de vida de um equipamento e mapear os possíveis riscos na implementação, assim um projeto que apresente falha já nesta fase deve ser parado.

Para Prado Filho e Ribeiro (2013), através da interação entre engenharia de manutenção e engenharia de projetos, o pilar é capaz de produzir máquinas, ou outros projetos, com confiabilidade e pouca necessidade de intervenção por parte de outros pilares, ou seja, início ótimos.

#### **2.2.3.8. Pilar Administrativo**

Segundo Suzuki (1994), o pilar administrativo é voltado para eliminar as perdas existentes dentro do processo de administração da empresa, principalmente relacionadas a qualidade das informações no setor. Devido a praticidade dos serviços administrativos, os resultados deste pilar podem ser notados e acompanhados a curto, médio e longo prazo.

Segundo Ribeiro (2010), o pilar entende o setor administrativo como uma fábrica de informações, sendo assim, deve ser extremamente precisa e com alta qualidade dentro dos procedimentos. Desta forma o pilar mensura os resultados de forma qualitativa e quantitativa, sendo a abordagem qualitativa em realizada em função de diminuir o desencontro de informações dentro do setor, garantindo uma harmonia entre as pessoas, já o estudo quantitativo é realizado visando diminuir os trabalhos desnecessários e improdutivos feitos no setor, focando somente em procedimentos que agregam valor.

### 2.3. Ferramentas de Suporte na Implementação do TPM

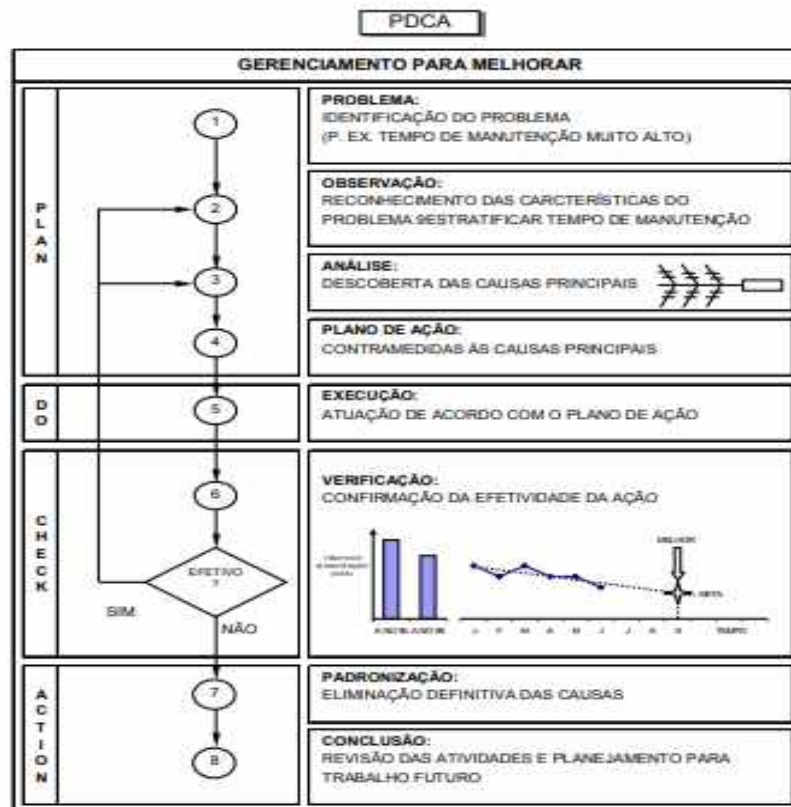
“Se estamos colecionando dados sobre falhas, é porque não as estamos prevenindo”, frase de Moubray (1996), analisando esta afirmação percebe-se que é importante prevenir as falhas, porém também é necessário atacar as falhas existentes utilizando ferramentas e metodologias dentro da implementação e manutenção do TPM. Estas ferramentas auxiliam os pilares e os grupos de gestão a organizarem as informações e montar planos de ações que visam eliminar os problemas relacionados a cada ação.

#### 2.3.1. Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action)

PDCA é um método utilizado para implementação de melhorias no processo, uma vez que o nome se dá pelas iniciais das quatro etapas do projeto, sendo elas: *Plan* (Planejamento), *Do* (Execução), *Check* (Verificação) e *Action* (Ação). Para Campos (2014) o método é aplicado focado em resolver um problema, a meta do projeto, é importante ressaltar que o PDCA é um ciclo para garantir o controle dos resultados obtidos após sua aplicação.

A Figura 6 ilustra o modelo de PDCA proposto por Xenox (1998) como método universal para atingir metas:

FIGURA 6 CICLO PDCA PARA ATINGIMENTO DE METAS



FONTE: XENOX (1998)

### 2.3.2. Ciclo SDCA (Standard, Do, Check, Action)

O método SDCA formado pelas iniciais de suas etapas em inglês *Standard* – Padronização, *Do* – Realizar, *Check* – Verificar e *Action* – Agir, é utilizado para resolução de problemas relacionados a falta ou falha de padrão. Nascimento (2001) acredita que o SDCA estabelece metas padrão, e se durante um ciclo surgirem pontos que necessitam de melhorias deve ser utilizado o método PDCA, simultaneamente.

O funcionamento do ciclo SDCA parte da definição de qual meta padrão deverá ser atingida, como por exemplo, tempo padrão de *setup* para peça x, e quais serão os procedimentos a serem seguidos para atingir o padrão. As demais etapas do ciclo se assemelham ao ciclo PDCA, seguindo o exemplo, treinar e executar o procedimento padrão, verificar a efetividade e agir caso necessário.



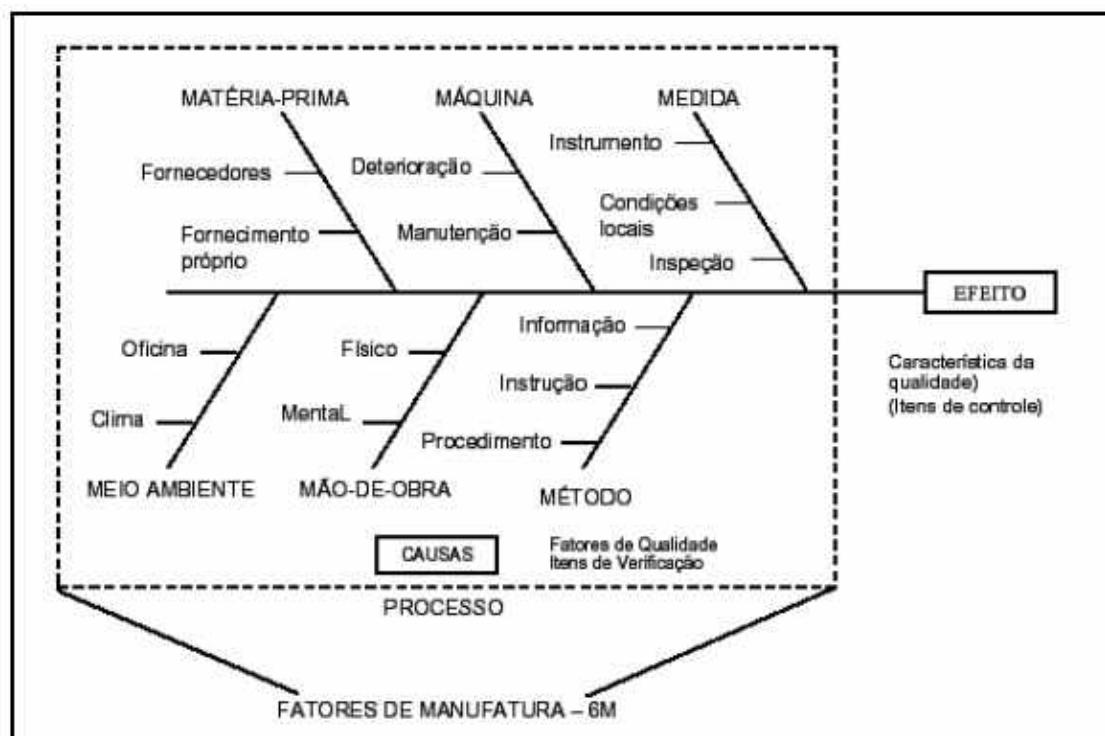
### 2.3.3. Análise de Causa e Efeito – Diagrama de Ishikawa

Sempre que um problema é identificado dentro do processo produtivo, ou até mesmo administrativo, existem diversos motivos que possibilitaram esta situação. Comumente as falhas em equipamentos podem estar relacionadas a vários fatores dentro de toda linha de produção, desde a matéria prima utilizadas a um procedimento sem um padrão adequado.

Para entender como cada fator está impactando no problema em questão utiliza-se o Diagrama de Ishikawa, conhecido como Causa e Efeito, uma ferramenta eficaz criada por Kaoru Ishikawa no ano de 1943. Utilizado na forma de espinha de peixe o diagrama trabalha, normalmente, com a análise de seis causas principais, conhecida por 6M, sendo elas: método, mão-de-obra, materiais, medidas, máquinas e meio ambiente.

Aplicar a ferramenta é simples, sendo que o primeiro passo é decidir o problema que será analisado, depois montar um brainstorming com pessoas de diferentes áreas que possuem conhecimento sobre o problema, desta forma serão identificadas diversas causas que devem ser analisadas criticamente para atacar as principais. A Figura 7 exemplifica como utilizar a ferramenta.

FIGURA 7 - DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO



FONTE: CAMPOS (2004)

#### **2.3.4. Estratificação**

Dentro de uma linha produtiva é necessário analisar dados diariamente, para compreender os problemas que ocorrem, e reduzi-los ou até mesmo elimina-los. Brassard (1995) trata a estratificação como uma técnica utilizada para analisar dados e identificar oportunidades de projetos de melhoria, ela se adequa bem quando as grandes quantidades de dados atrapalham a identificação dos fatos reais.

Alguns tipos de falhas são relacionados a vários fatores, os quais contribuem de diferentes modos para ocorrer o problema, para esses casos é necessário utilizar técnicas de estratificação. O Gráfico de Pareto é o modelo mais utilizado para identificação das maiores vozes responsáveis para o problema que está sendo analisado, possibilitando que os esforços sejam concentrados nas principais causas, resultando na redução da recorrência do problema.

O Gráfico de Pareto é formado por barras verticais no qual as maiores barras representam as principais causas e aquelas que devem ser atacadas para atingir melhores resultados. No Gráfico de Pareto também se traça uma linha de porcentagem acumulada da ocorrência das causas analisadas, possibilitando melhor visualização de quais barras representam 80% dos motivos que ocasionam o problema analisado no projeto.

#### **2.3.5. FMEA – Failure Mode and Effect Analysis**

Segundo Palady (2004), FMEA – Failure Mode and Effect Analysis (Análise de Modos de Falhas e Efeitos), é um método utilizado para prevenção de falhas e análise de potenciais riscos de um processo, sendo uma técnica muito eficiente que determina soluções de prevenção a um custo ótimo. Este método pode ser utilizado em diversas situações dentro de um ambiente organizacional, seja durante um projeto, bem como dentro do processo em si.

Definido qual será utilização da ferramenta, seja para um projeto todo ou para apenas um dispositivo de uma máquina, a matriz FMEA, comumente uma planilha, é capaz de identificar possíveis falhas e quais possuem maior criticidade para serem tomadas ações preventivas. A Figura 8 mostra as colunas que uma planilha deve conter segundo Palady (2004).

FIGURA 8 - PLANILHA FMEA

FMEA – ANÁLISE DE EFEITOS E MODOS DE FALHA										
Processo de fabricação: Produto: Tipo: Cor:		Fábrica: Gestor: Gerente: Operador: Auxiliar:		Documentos afetados			Página 1 de Original:			
Função	Modo de falha	Efeito	Severidade	Causa	Ocorrência	Controle	Deteção	RPN	Ação recomendada	Status

FORTE: PALADY (2004)

O preenchimento deve seguir este modelo, sendo no campo função deve conter informações da finalidade, objetivo do item em questão, em seguida os modos de falhas que podem ocorrer, e quais os efeitos no processo. As colunas severidade, ocorrência e detecção devem ser preenchidas com números dentro de uma escala pré-definida que indicam respectivamente, a gravidade da falha para o cliente, a frequência com que a falha pode ocorrer e por fim qual a probabilidade de detecção da falha antes que ela ocorra, estes valores são multiplicados gerando o que Palady (2004) chama de RPN. Realizado este estudo são mapeadas as ações de prevenção de cada falha que devem ser priorizadas de acordo com o RPN.

### 2.3.6. 5 Porquês

Para Svensson (2000) a análise dos 5 porquês é um método utilizado para investigação da causa raiz do problema em questão, através da repetição da pergunta por cinco vezes, geralmente iniciamos a análise após um estudo de causa e efeito, já apresentado no presente trabalho, então se inicia a sequência de perguntas e respostas.

Antes do início do método é importante que questões simples estejam claras e específicas, como por exemplo, onde o problema ocorreu, quando o problema ocorreu e como o problema ocorreu. É importante juntar a maior quantidade de informações possível para que a análise seja mais eficaz, quando é possível resumir o problema analisado em uma frase simples é o momento de iniciar as perguntas, como por exemplo, falha no componente x da máquina y durante o turno z durante a produção do produto n.

Tomando o exemplo acima o método dos cinco porquês seria iniciado com a pergunta: “porquê o componente x falhou? ” e o mesmo seria feito com a resposta dessa pergunta, e assim por diante.

## **2.4. Gerenciamento de Projetos dentro do TPM**

Empresas que trabalham com a metodologia TPM implantada são focadas em atingir zero perdas dentro do seu processo produtivo, e para isso utilizam os pilares, nesse contexto a maioria dessas empresas estruturam equipes responsáveis somente para implementação e gerenciamento de projetos de melhoria, sendo todos estes baseados na metodologia Seis Sigma.

### **2.4.1. SEIS SIGMA**

Segundo Werkema (2004) o Seis Sigma tem como grande objetivo elevar a performance industrial e consequentemente a lucratividade das empresas, de modo que todos aspectos importantes do negócio sejam levados em consideração, em uma estratégia gerencial que tem como foco a melhoria contínua da qualidade de produtos e processos, e a satisfação dos clientes.

A ferramenta Seis Sigma possui grande flexibilidade e também se mostra um sistema abrangente capaz de alcançar, sustentar e maximizar todos elementos que compõe o sucesso de uma empresa. Para Paladini (2005) a marca registrada deste programa é o pensamento estruturado estatisticamente, utilizando inúmeras ferramentas estatísticas e uma sistemática de análise de cada variável dentro do processo.

Desenvolvido inicialmente pela Motorola como um modelo de manter a qualidade do produto, através da redução do número de falhas, o Seis Sigma era visto, segundo Barney (2002) como uma abordagem para resolução de problemas relacionados a qualidade. A metodologia se voltou para o negócio como um todo através da mudança de estratégia da General Eletric (GE), quando para Watsin (2001) a empresa começou a atacar não causas inesperadas dentro do processo, mas sim as causas comuns da variação, as que são naturais do processo.

O nome da metodologia está relacionado com a letra Sigma ( $\sigma$ ) utilizada para representar o desvio padrão de uma distribuição na linguagem estatística, e quanto menor for o desvio dentro de um processo, mais desvios serão aceitos, conforme Donadel (2008).

Segundo Breyfogle (2003) o nível de qualidade sigma é relacionado com a probabilidade de um defeito ocorrer dentro de um processo, e a classificação de um

processo é baseada em quantos sigmas está a variação, ou seja, o melhor cenário possível é o nível Seis Sigma. Linderman (2003) pontua que para uma organização objetivar a metodologia dois fatores devem ser analisados, sendo o primeiro qual impacto para o cliente e outro o custo para a implementação do programa, caso seja realmente importante para o cliente e o custo para estruturação do programa não seja elevado a metodologia deve ser um objetivo.

Baseado na ideia de ser uma metodologia disciplinada o Seis Sigma utiliza de ferramentas de estatística dentro de um modelo de solução de problemas denominado DMAIC, estruturado segundo Carvalho (2005), em cinco fases as quais suas iniciais, em inglês, formam o nome do programa: Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyze*), Implementar/Melhorar (*Improve*) e Controlar (*Control*)

#### **2.4.2. DMAIC**

Com a finalidade de manter o foco das atividades de uma maneira estruturada e organizada o DMAIC é uma ferramenta de gerenciamentos de projeto essencial e bastante utilizada dentro das organizações que estão inseridas na metodologia Seis Sigma, através de suas cinco fases o modelo busca garantir uma sequência ordenada, lógica e eficaz das atividades de um projeto. A seguir será detalhada cada uma das cinco fases do modelo de gerenciamento de projetos:

##### **2.4.2.1. Definir – Define (D)**

Werkema (2004) apresenta um fluxo a ser seguido dentro desta etapa que tem como principal objetivo a definição do problema da forma mais clara e específica possível, tendo informações como a meta, a equipe, prazo e descrição do projeto a ser realizado.

Escolhido o projeto a ser executado o primeiro passo é definir a meta que deve ser alcançada ao final do projeto, para Moreira (2004) a meta pode ser um valor definido com base no histórico do problema ou em comparação com valores encontrados em processos semelhantes em outras empresas, e consequentemente o prazo para execução do projeto baseado na estratégia da empresa e na complexidade do projeto.

Após definição de meta e prazo é o momento de montar a equipe que será responsável pelo projeto, é importante criar uma equipe que envolva todos setores

impactados pelo projeto, de modo que todos possam ajudar na resolução do problema em questão. Para a equipe deve ser claro qual a meta e prazo do projeto e quem é o líder da equipe, responsável pelo projeto.

Ao final desta etapa a liderança da empresa irá validar se o projeto deve ser levado a frente ou não, analisando se o mesmo está de acordo com as metas da gerência para a empresa e se o projeto tem impacto positivo para o cliente final.

#### **2.4.2.2. Medir – Measure (M)**

Nesta etapa se inicia o desdobramento das atividades a serem realizadas no projeto para que o objetivo seja alcançado, para Moreira (2004) essa fase é utilizada para desdobrar o problema principal em problemas menores, de modo que fique claro quais são os fatores críticos a serem atacados.

Primeiramente é importante decidir se o problema já possui dados confiáveis para analisar ou se será feita uma nova coleta de dados, e como esta será realizada. Podem existir vários motivos que tornem necessário uma nova coleta, como os dados existentes não serem confiáveis, apresentando erros de medição, ou os dados existentes não serem adequados para o foco do projeto.

Realizado o levantamento de dados inicia-se a parte de estratificação do problema geral em outros fatores, definidos de acordo com objetivo do projeto. É necessário realizar a estratificação para que seja identificado problemas menores que tem como consequência o problema geral do projeto, e que muitas vezes são problemas que demandam pouco esforço para resolução.

Após a estratificação é importante que os “novos” problemas sejam priorizados de acordo com o critério de priorização que será utilizado pela equipe do projeto. Definido os problemas que serão atacados faz-se uma coleta de dados para cada um.

#### **2.4.2.3. Analisar – Analyze (A)**

Esta etapa, para Werkema (2004), é direcionada a promover um melhor entendimento sobre o problema prioritário, conhecer as principais causas e quantificar as variáveis envolvidas. Os dados coletados na fase anterior são analisados através de ferramentas de qualidade e estatística.

Segundo Van der Pol (2011), após analisados os dados relacionados a ocorrência do problema, é o momento de discutir as possíveis causas, geralmente é utilizado a técnica de *Brainstorming*, em seguida utiliza-se ferramentas de qualidade responsáveis por identificação de causa raiz, para entender melhor como cada possível causa influencia no processo e quais ações serão tomadas.

Vale ressaltar o sucesso desta etapa está relacionado com as duas etapas anteriores, uma vez que caso ocorra uma falha na definição do problema e em quais dados serão coletados, consequentemente a análise, mesmo feita da melhor maneira possível, não será eficaz para o objetivo do projeto.

No final desta etapa é importante organizar tudo que foi feito, priorizar as possíveis causas levantadas, os dados necessários para o estudo de cada causa, a relação que cada causa tem com o problema prioritário são algumas das atividades a serem realizadas. Aguiar (2006) o estudo da relação da causa com o problema é necessário, pois ajuda em focar as atividades da equipe em processos que agreguem valor para o resultado final do projeto em questão.

#### **2.4.2.4. Implementar/ Melhorar – Improve (I)**

A etapa que exige maior esforço por parte da equipe do projeto como um todo é esta, também a etapa que leva mais tempo dentro de um projeto DMAIC, pois nela são levantadas as atividades para eliminar ou reduzir as causas que saem da etapa anterior, e depois estas atividades são executadas.

Segundo Werkema (2004), deve ser realizado um novo *Brainstorming* para levantar as ideias de solução de cada potencial causa, e depois novamente utilizar uma ferramenta de priorização, para montar um plano de ações com base nas atividades consideradas essenciais para alcançar o objetivo do projeto.

Stamatis (2004) lembra que toda implementação deve passar por um teste (piloto), para testar qual impacto da ação em questão, desta forma é possível garantir que a ação não trará impactos negativos ou até mesmo nenhum resultado que é importante para o objetivo a ser alcançado.

#### **2.4.2.5. Controlar – Control (C)**

A etapa final de um projeto DMAIC, segundo Werkema (2004), é responsável por avaliar os resultados obtidos, verificando se a meta do projeto foi alcançada. E também nesta etapa é realizada a padronização do que foi implementado durante o projeto, com a finalidade de que as melhorias realizadas não sejam perdidas.

Avaliar se a meta foi alcançada pode não ser uma atividade simples, pois caso isso não ocorra deve-se analisar o porquê, e justamente neste aspecto está a dificuldade em compreender se o projeto foi ineficaz ou se a meta foi estabelecida equivocadamente, por isso é recomendada a retornar na etapa de definição do projeto e rever os parâmetros utilizados para estabelecer a meta do projeto.

Para não perder as melhorias realizadas durante o projeto é importante que todas as pessoas impactadas por alguma mudança, sejam avisadas da melhoria, seja por meio de treinamento, manuais ou reuniões.

As melhorias que podem ser mensuradas, como por exemplo, um parâmetro dentro da linha produtiva, devem ter um plano de monitoramento afim de garantir que o problema não volte a ocorrer.

Finalizando, Werkema (2004), sugere que deve ocorrer uma documentação com todas as lições aprendidas durante o projeto, de forma clara e organizada, que possa ser utilizada em futuros projetos relacionados ao mesmo processo dentro da empresa.

### **3. Metodologia**

Segundo Lakatos e Marconi (2000), o método é definido como uma descrição clara e precisa do passo a passo escolhido pelo pesquisador para realização da pesquisa, comumente essas atividades visam através de uma linha de pensamento lógico e racional solucionar um determinado problema. Gil (2002) acredita que em uma pesquisa devem ser utilizados como principais métodos: pesquisa bibliográfica, levantamento e estudo de caso, sendo que a bibliografia consiste em consultas feitas em materiais existentes sobre o assunto da pesquisa, o levantamento é realizado com informações relevantes para o trabalho, na empresa por exemplo, e estudo de caso é uma análise dos itens que devem ser controlados.

No presente trabalho a metodologia consistiu em uma pesquisa teórica sobre assuntos relevantes para o estudo em questão, desde a apresentação do TPM até



ferramentas e metodologias utilizadas por empresas que trabalham com o modelo de manutenção produtiva, e como foi elaborado o projeto de implementação da ferramenta em um caso real. Sendo assim o procedimento adotado foi:

- a) Observação da rotina produtiva da empresa;
- b) Estudo do atual estado de cada máquina utilizada;
- c) Coleta e análise de dados;
- d) Escolha da linha piloto do projeto;
- e) Estruturação do projeto;
- f) Implementação das mudanças necessárias na empresa.

#### **4. Desenvolvimento**

Este tópico será voltado para apresentação do estudo de caso feito em uma empresa de equipamentos médicos e odontológicos. O estudo é em um setor específico dentro da empresa, denominado Estamparia. Os dados serão apresentados e analisados, ilustrando o cenário antes e depois do projeto, e a forma como foi estruturado e implementado se baseando em ferramentas e metodologias de gestão industrial.

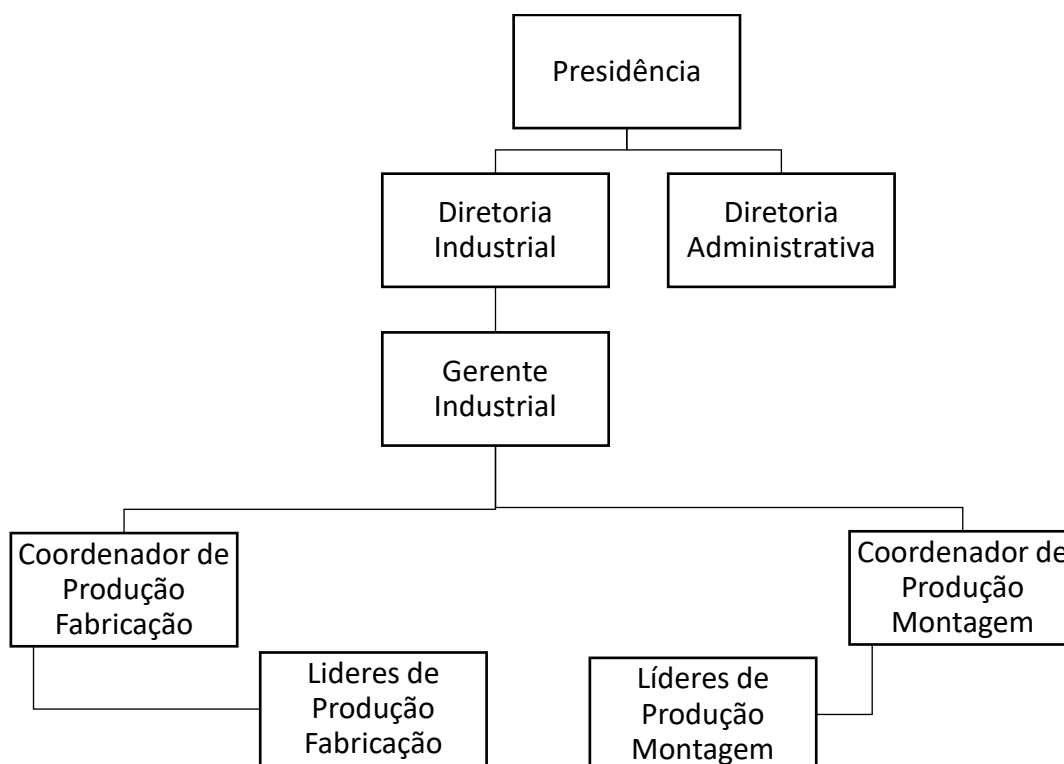
##### **4.1. Caracterização da empresa**

O estudo em questão foi realizado em uma empresa localizada na cidade de Ribeirão Preto, interior do estado de São Paulo. A empresa atua no setor de equipamentos médicos e odontológicos, obtendo a maior parte do mercado nacional e importando para países em todo o mundo, a organização no modelo atual tem 4 anos, devido a uma fusão de duas empresas que estão presentes no mercado a mais de décadas. A principal parte fabril da empresa é localizada juntamente com a sede administrativa e conta com mais de 800 colaboradores, estes atuam nos mais diversos setores da empresa, a qual possui máquinas capazes de realizar os mais diversos procedimentos, desde usinagem até testes de dispositivos tecnológicos de ponta.

Atualmente a indústria é dividida em dois setores macros, fabricação e montagem, os quais são divididos em subsetores com seus respectivos líderes. Ao todo o setor industrial da empresa conta com mais de 15 centros de trabalho, o foco neste presente trabalho está voltado para a estamparia, onde são fabricadas peças que são enviadas para os mais variados postos de trabalho no dia a dia.

A estrutura organizacional da empresa ilustrada na Figura 9, com foco no setor industrial, é composta pela presidência, dividida em dois representantes: vice-presidente industrial e comercial, abaixo as diretorias, gerências, coordenadores e supervisores.

**FIGURA 9 ORGANOGrama EMPRESARIAL**



**FONTE: AUTORIA PRÓPRIA**

#### **4.2. Caracterização da área em estudo**

Os setores escolhidos para realização da pesquisa do presente trabalho foram os de estampa e pintura, os quais estão inseridos dentro da parte de fabricação. Sendo a empresa do ramo de equipamentos médicos e odontológicos é necessário que haja alguns setores responsáveis por abastecer as linhas de montagem com os dispositivos necessários para preparação dos respectivos produtos finais, que por exemplo pode ser um consultório odontológico, os quais nomeamos setores de fabricação. Algumas peças fabricadas pelo setor de estampa para abastecerem a linha de montagem precisam passar também pela pintura, pois estas ficam visíveis no produto final, por este motivo neste presente trabalho será apresentado a implementação do TPM em ambas as linhas.

A estamparia é, portanto, um setor de abastecimento, o qual não retiramos nenhum produto final para o cliente do setor, somente para os demais setores dentro do ambiente fabril. Dentro do setor tem-se uma lista de variadas máquinas, responsáveis pelos mais variados processos de fabricação, como solda, corte, polimento, entre outros. Assim se justifica a necessidade das máquinas apresentarem condições de trabalho melhores, aumentando a eficiência do equipamento, foco do pilar de manutenção autônoma.

#### 4.3. Fluxo de Produção de Consultório Odontológico

Consultório odontológico dentro do mercado de equipamentos odontológicos e médicos, é composto pela popular cadeira odontológica e uma variedade de itens complementares, atualmente o produto conta com os mais diversos dispositivos tecnológicos, variando de modelos mais sofisticados até os mais simples e básicos.

Os consultórios são compostos por diversas peças e materiais, vale ressaltar que dentro da lista de componentes de um único modelo de consultório existem por volta de 800 itens divididos em níveis e subníveis, dentre estes itens tem-se os que são adquiridos pela empresa de fornecedores externos, chamadas peças comerciais, e os itens que são fabricados dentro da própria empresa através de uma matéria prima, as chamadas peças internas. Todos estes componentes devem estar na linha de montagem de consultório, fato conhecido como linha abastecida. Na Tabela 1 é representado a quantidade de componentes por nível necessários para montagem do consultório modelo S 200 SF TB:

**TABELA 1 - QUANTIDADE DE COMPONENTES CONSULTÓRIO POR NÍVEL**

Nível	Quantidade de Componentes
.....9	5
.....8	18
.....7	46
.....6	109
.....5	193
....4	245
...3	169
..2	27
.1	1
<b>Total Geral</b>	<b>813</b>

**FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2019)**

Os setores responsáveis por abastecer a linha de montagem com peças internas são estamparia, pintura, usinagem e micro usinagem, portanto neles estão as máquinas que são críticas para que a linha de montagem esteja sempre abastecida, possibilitando atingir melhor eficiência produtiva. Por este motivo o projeto de implementação do TPM foi realizado nestes setores.

#### 4.4. Estudo de Caso

O objetivo do presente trabalho é implementar o pilar de Manutenção Autônoma da metodologia TPM em máquinas dos setores de estamparia e pintura, responsáveis por abastecer as linhas de montagem da empresa em estudo, de forma a garantir menor percentual de paradas corretivas nas máquinas críticas para o abastecimento das linhas.

Atualmente o setor de estamparia conta com um total de 20 máquinas, por decisão administrativa somente os equipamentos considerados críticos serão abordados na implementação da metodologia. Críticos são considerados equipamentos com alto volume de produção, manutenção corretiva de alto valor e maior índice de paradas por manutenção. As máquinas críticas totalizam 8, as quais estão apresentadas na Tabela 2.

**TABELA 2 - MÁQUINAS SETOR DE ESTAMPARIA**

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Setor</b>
ESTA-024 A	CORTE LASER 3030 TRUMPF	ESTAMPARIA
ESTA-024 B	CORTE LASER 3030 TRUMPF	ESTAMPARIA
ESTA-005	CORTE PLASMA SILBER	ESTAMPARIA
ESTA-004	SERRA STARRET	ESTAMPARIA
ESTA-032	ROBÔ DE SOLDA	ESTAMPARIA
ESTA-007	CURVADORA TUBOS FAREXC	ESTAMPARIA
ESTA-018	VIRADEIRA CALVI	ESTAMPARIA
ESTA-019	VIRADEIRA CALVI	ESTAMPARIA

**FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2019)**

Já o setor de pintura tem a configuração de uma linha de produção, com fluxo a ser realizado pelo item estabelecido, sendo assim todo setor é considerado crítico para aplicação do pilar de Manutenção Autônoma, não sendo necessário a análise de criticidade.

Deste modo após a definição de quais máquinas devem ter as atividades de manutenção autônoma implementadas, o presente trabalho terá como objetivo inserir ferramentas do pilar de MA no dia a dia da operação das máquinas, afim de reduzir a

quantidade de paradas corretivas de manutenção e garantir que o equipamento esteja disponível por mais tempo e com desempenho ideal.

#### **4.5. Resultados e Discussões**

Baseado nos passos para implementação do pilar de Manutenção Autônoma descritos no referencial teórico, é necessário primeiro garantir que todo pessoal envolvido com o dia a dia da máquina tenha conhecimento e aplique os sentidos da metodologia 5S. Deste modo foi preparado um treinamento de 5S para ser realizado com todos operadores de máquina dos setores envolvidos no estudo, estamparia e pintura, uma vez que a organização do ambiente de trabalho como um todo facilita a aplicação de cada sentido nas máquinas consideradas críticas. O treinamento foi composto por explicação teórico de cada sentido e depois uma aplicação prática dentro do próprio setor, após a realização do treinamento os setores passaram a ser avaliados periodicamente por um checklist de práticas da metodologia 5S, o qual está apresentado na Figura 10.

FIGURA 10 CHECK LIST PROGRAMA 5S ALLIAGE

<b>alliage</b>	<b>CHECK LIST PROGRAMA 5S - CRITÉRIOS</b>
<b>1º S - SEIRI - UTILIZAÇÃO</b>	
1. Existem somente materiais e/ou objetos necessários para a execução do trabalho? 2. Existe material não conforme no local de trabalho? 3. O aspecto visual do posto operacional demonstra ser agradável ? 4. O acesso aos materiais utilizados todos os dias está adequado? 5. Existem vazamentos de ar ou óleo?	
<b>2º S - SEITON- ORGANIZAÇÃO</b>	
1. Existem materiais espalhados nos corredores, chão, mesa, etc.? 2. Os materiais estão bem estocados e estão identificados? 3. Os materiais estão em locais próprios e bem localizados facilitando o seu acesso? 4. Na mudança de turno e após a jornada de trabalho, o padrão de organização se mantém ?	
<b>3º S - SEISO - LIMPEZA</b>	
1. Existem equipamentos, utensílios, ferramentas ou dispositivos em mal estado de conservação? 2. Existe óleo derramado pelo chão? 3. Os resíduos gerado no posto operacional estão sendo colocados em locais adequados ? 4. A máquina e/ou equipamentos necessita de manutenção ou Limpeza ?	
<b>4º S - SEIKETSU - SAÚDE</b>	
1. As lâmpadas, luminárias estão limpas e em funcionamento? 2. Os uniformes estão limpos e adequados para o setor? 3. O colaborador faz uso dos EPI ? 4. O colaborador, zela a limpeza do seu ambiente de trabalho	
<b>5º S - SHITSUK - AUTO-DISCIPLINA</b>	
1. Documentos do Sistema da Qualidade estão sendo utilizados e os registros estão sendo realizados? 2. No local de trabalho, todas as condições estão seguras, livre de acidentes? 3. De modo geral o setor passa a impressão de ser um ambiente disciplinado ?	

FONTE: MATERIAL DO PROGRAMA 5S ALLIAGE

A próxima etapa foi avaliar o estado inicial de cada máquina em alguns aspectos considerados relevantes para produção e manutenção do equipamento:

- Tempo de paradas por manutenção corretiva;
- Depreciação da máquina;
- Custo de manutenção;
- Conhecimento dos operadores sobre a máquina;

Baseado nestes quatro aspectos foi mapeado como cada máquina estava antes do início do projeto, de forma que possibilitou analisar quais ações seriam necessárias para implementação das ferramentas do pilar de manutenção autônoma. A primeira ação tomada foi reunir todos operadores e ser anunciado o início do projeto e o objetivo, posteriormente foi elaborado um treinamento, baseado em materiais sobre o assunto e na situação atual das máquinas, com a finalidade de capacitar os operadores e apresentar as

ferramentas que seriam implementadas no dia a dia de cada um e de que forma cada uma influencia o processo. Na Figura 11 está o cronograma do treinamento aplicado para os operadores.

**FIGURA 11 CRONOGRAMA TREINAMENTO TPM - PILAR MANUTENÇÃO AUTÔNOMA**



CRONOGRAMA
Visão Geral TPM
Visão Geral MA
MIL
Checklist
Sistema de Etiquetagem
Atividade em Grupo
Sistema de Avaliação

**FONTE: MATERIAL TPM ALLIAGE**

De acordo com Carrijo (2008) a implementação do pilar MA consiste em seis etapas, as quais foram utilizadas como base neste estudo. A primeira delas foi a realização da limpeza inicial dos equipamentos, a qual foi chamada na empresa de dia da restauração, para realizar esta atividade foram chamadas pessoas chaves relacionadas a máquina, como técnico de manutenção responsável, operadores, analista de processo, líder do setor e responsável pelo projeto. O objetivo desta etapa foi restaurar a máquina dentro do que era possível, através de ações de limpeza, organização e manutenção, afim de fazer com que o equipamento aparentasse ser novo. É importante destacar nesta fase que os operadores já começaram a ter contato com a parte de manutenção do equipamento, como é previsto pelo pilar. Na figura 12 temos uma foto da restauração da máquina de serra, no setor de estamparia.

**FIGURA 12 RESTAURAÇÃO SERRA STARRET**


**FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2019)**

Durante o dia da restauração foram mapeados pontos de difícil acesso de limpeza, lubrificação e inspeção, os quais seriam analisados pelo departamento de métodos e processos, quais ações poderiam ser tomadas para eliminar estes locais. Alguns locais foram eliminados, porém outros ainda estão somente mapeados, pois dependem de um alto investimento ou estão em máquinas que a responsabilidade de manutenção e mudanças é do fabricante, impossibilitando também a retirada dos mesmos.



Posteriormente ao dia da restauração foi elaborado para cada equipamento um Manual de Inspeção, Lubrificação e Limpeza (MIL), tal material foi estruturado com base nas informações técnicas de cada máquina e do relato sobre como é a operação diária do equipamento, a finalidade deste manual é garantir que através da realização de algumas atividades em determinada periodicidade a máquina esteja sempre em condições ideais de trabalho. O MIL é um documento que indica o local que a atividade deve ser realizada, o modo de execução, quem irá realizar, a frequência e quando o item deve ser cumprido. Na Figura 13 segue a ilustração de um manual da linha da máquina de Corte a Laser, vale observar que os detalhes são importantes, de modo que os operadores não tenham dúvida no dia a dia.



FIGURA 13 MANUAL DE INSPEÇÃO, LUBRIFICAÇÃO E LIMPEZA - MÁQUINA LASER



Departamento Industrial  
 Setor de Manutenção  
 Manual de Inspeção, Lubrificação e Limpeza (MIL) – LASER

Onde?	O que fazer	Frequência	Quem	Quando
1º Nível do óleo 	<b>Lubrificação</b> <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; margin-top: 5px;">           Verificar nível do óleo e reabastecer sempre que estiver abaixo do nível         </div>	Semanal	Operador	Início do Turno
2º Recepiente coletor de pó 	<b>Limpeza</b> <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; margin-top: 5px;">           Retirar o recipiente e despejar o pó no local de descarte (gavetas)         </div>	Diário	Produção	Final do Turno

**FONTE: MATERIAL TPM ALLIAGE**

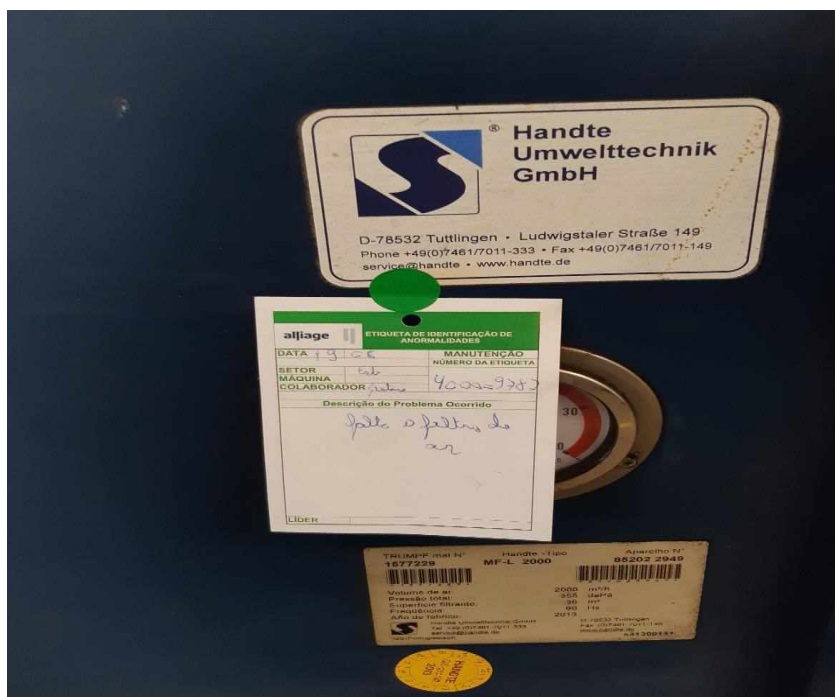
Em conjunto com o Manual de Inspeção, Lubrificação e Limpeza (MIL), foi criado um checklist com as mesmas atividades do primeiro documento, afim de garantir que os líderes de cada setor inspecionem se o material está sendo seguido. Por este motivo ao final de cada dia o próprio operador em conjunto com o líder do setor deve assinar o checklist, certificando que as atividades determinadas foram realizadas. Abaixo segue um modelo do documento, vale ressaltar que no cabeçalho estão informações necessárias, como o nome do equipamento, turno responsável pelo documento e o mês em que o checklist deve representar.

Ambos documentos, MIL e checklist, foram colocados na própria máquina a qual são correspondentes, de modo a facilitar o acesso para os operadores e possibilitar a gestão a vista de todos envolvidos no projeto. Todas as atividades presentes no manual foram elaboradas para o operador de cada máquina realizar, para isso todos foram treinados pela equipe de manutenção e acompanhados durante um período durante a realização das atividades.

A próxima etapa do projeto foi a implementação das etiquetas de identificação de anomalias, importante para gestão visual das máquinas que apresentaram falhas e também

para a implementação do pilar de Manutenção Planejada, as etiquetas tem por finalidade apontar quando e onde uma anomalia, tudo que não está dentro dos padrões ideais da máquina, ocorre. Na Figura 14 segue o modelo de etiqueta verde, o padrão de cores será explicado posteriormente no presente trabalho, com as informações necessárias para que qualquer operador ou técnico de manutenção que veja a etiqueta consiga entender qual anomalia ocorreu, sendo estas informações a descrição do ocorrido, a possível causa do problema, e a data em que a etiqueta foi aberta.

**FIGURA 14 ETIQUETA DE IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS - VERDE**



**FONTE: MATERIAL TPM ALLIAGE**

As etiquetas foram criadas em três cores, sendo elas: azul; verde e vermelho, a de cor azul indica que a anomalia apontada pode ser reparada pelos próprios operadores, essa análise é feita com base na capacitação de cada um, as etiquetas verde e vermelha são utilizadas para anomalias que o corpo de manutenção deve resolver, porém cada cor com um nível de criticidade, sendo a verde com nível menor e a vermelha nível crítico. Todas etiquetas após abertas devem ser validadas.

Com a criação de novos documentos gerando um novo fluxo de informações foram implementadas reuniões diárias, semanais e mensais com foco nas atividades relacionadas ao projeto TPM, afim de garantir a efetividade do projeto e um melhor gerenciamento das atividades propostas. Para tais reuniões foram criados três níveis de

comitês, setorial (CS); principal (CP) e especial (CE), além das reuniões de troca de turno (RTT) para máquinas que rodam 2 turnos ou mais. Sendo cada um formado por diferentes pessoas de níveis hierárquicos distintos como mostrado na Figura 15.

**FIGURA 15 COMPOSIÇÃO DAS REUNIÕES OPERACIONAIS ALLIAGE**



**FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2019)**

Pensando em uma reunião dinâmica e eficiente, foi estabelecido um modelo padrão de indicadores para reunião, assim como uma agenda de reunião a ser seguida. Foram estruturados indicadores como foco em segurança, OEE, paradas de manutenção e paradas não informadas (PNI), que são os quatro pontos que deveriam ser melhorados com a implementação das práticas de manutenção autônoma nos aparelhos. Abaixo será detalhado cada indicador e as respectivas evoluções com tempo.

O indicador de segurança foi baseado na condição de que se as práticas de manutenção autônoma e 5S forem seguidas haveria menor número de condições inseguras nos setores, por isso foi criado um indicador para controlar uso correto de equipamentos de proteção individual (EPI) e condições inseguras no setor. Os indicadores são de acompanhamento diário e mensal.

O indicador de paradas por manutenção corretiva, foi estabelecido com base no acompanhamento diário das paradas apontadas no software ProdwIn, instalado nas máquinas de cada setor, acompanhado também diariamente e mensalmente.

O indicador de PNI, foi pensado de modo a garantir de que uma das práticas diárias do operador é apontar todas paradas corretamente, garantindo que a OEE seja real.

Por fim o indicador da OEE, que tem como objetivo mostrar a eficiência de cada máquina, como explicado no referencial teórico na aba de Melhoria Específica.

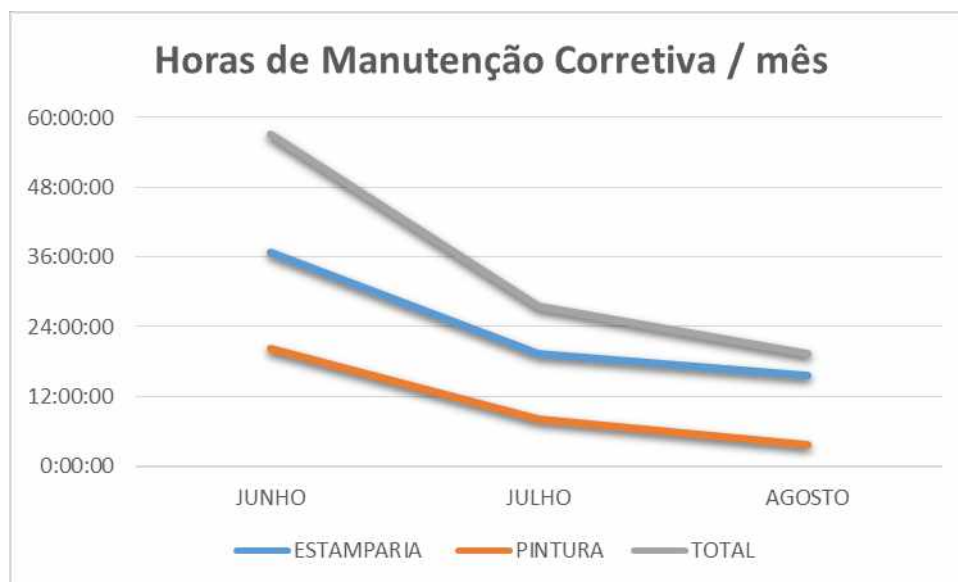
Em termos de Manutenção Autônoma o indicador mais importante é o de paradas de manutenção corretiva, por isso vale a pena observar que durante os meses de Junho de 2019 até Agosto de 2019 o número nos setores de estamparia e pintura reduziu, como mostrado na Tabela 3 e ilustrado no gráfico da Figura 16:

**TABELA 3 - PARADAS POR MANUTENÇÃO CORRETIVA POR MÊS**

SETOR	JUNHO	JULHO	AGOSTO
ESTAMPARIA	36:54:03	19:21:50	15:40:05
PINTURA	20:10:37	8:04:48	3:44:51
TOTAL	57:04:40	27:26:38	19:24:56

**FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2019)**

**FIGURA 16 - GRÁFICO DO HISTÓRICO DE PARADAS POR MANUTENÇÃO CORRETIVA**



**FONTE: AUTORIA PRÓPRIA (2019)**

Por fim nas reuniões diárias eram discutidos as etiquetas de anomalias abertas no setor e quais ações deveriam ser tomadas, pensando não somente a curto prazo mas também em formas de evitar que o problema em questão voltasse a ocorrer, utilizando ferramentas como análise dos 5 porquês, espinha de peixe, entre outros, que não serão abordados no presente trabalho.

#### **4.6. Considerações finais**

Para implementação da metodologia as principais dificuldades encontradas foram a resistência por parte da operação, já que o trabalho envolve uma mudança de cultura no modo de trabalhar dos operadores e líderes de setor, e a falta de comprometimento na realização das atividades propostas.

Estes aspectos mostram que o trabalho e sua supervisão devem ser contínuos até que a metodologia esteja totalmente estabelecida na rotina da fábrica como um todo, pois é necessário que as atividades diárias sejam realizadas para que o programa seja eficaz e apresente os resultados.

Tendo em vista estes problemas é importante que a direção industrial sustente o programa, cobrando resultados da liderança de fábrica, e mantendo as reuniões mensais sobre o andamento da implementação, pensando inclusive na introdução de novos pilares além de manutenção autônoma.

### **5. Conclusão**

No presente trabalho foi realizado a implementação de ferramentas do pilar de Manutenção Autônoma, parte da metodologia do TPM – *Total Productive Maintenance*, com objetivo de reduzir as paradas corretivas por manutenção, aumentando a disponibilidade das máquinas, fator que impacta diretamente na eficiência de cada equipamento e consequentemente dos setores e fábrica como um todo.

Primeiramente foram realizados treinamentos sobre o programa 5S nos setores de fabricação, já que o mesmo é apontado por diversos autores como base fundamental para as práticas do TPM, com objetivo de organizar e padronizar atividades cotidianas do setor e proporcionar um ambiente de trabalho melhor. Em um segundo momento foram introduzidas práticas de manutenção autônoma na rotina dos colaboradores e demais pessoas envolvidas com a produção, como o Manual de Inspeção, Lubrificação e

Limpeza, Etiquetas de Identificação de Anomalias, Reuniões Operacionais, além de inúmeros treinamentos de capacitação de pessoas.

Como resultado, percebeu-se que as paradas diminuíram consideravelmente em tempo, mostrando que com as atividades diárias a máquina apresenta menor número de paradas corretivas e quando as mesmas acontecem são reparadas mais rápidas pelos técnicos de manutenção. Houve um aumento também na OEE de cada máquina, porém vale ressaltar que o trabalho foi realizado somente com foco em manutenção autônoma, e com a implementação de outros pilares a tendência é aumentar ainda mais a eficiência atacando todos tipos de paradas e possíveis melhorias no dia a dia.

Levando em consideração todo cenário atual da empresa em questão, sugere-se que os outros pilares da metodologia TPM sejam inseridos no dia a dia, e adotado como modelo de gestão, uma vez que o programa é capaz de envolver todas as áreas da empresa e melhorar os resultados em diferentes aspectos, quantitativos e qualitativos.

## 6. Referências bibliográficas

AGUIAR, Silvio. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa seis sigma**. Nova Lima: INDG, 2006.

BARNEY, M. Motorola's. **Six Sigma Forum Magazine**. Milwaukee, v. 1, n. 3, p.13-16, May 2002.

BRASSARD, M. **Qualidade ferramenta para uma melhoria contínua: The Memory Jogger**. São Paulo: Editora Qualitymark, 1995, 75 p.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC Controle da Qualidade Total no Estilo Japonês**. 9º ed. Nova Lima: Falconi, 2014. 286p.

CAPETTI, Edson José. **O Papel da Gestão da Manutenção no Desenvolvimento da Estratégia de Manufatura**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2005.

CARRIJO, José R. S. **Adaptações do modelo de referência do Total Productive Maintenance para empresas brasileiras**. Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba. Santa Bárbara do Oeste, 2008.

CARVALHO, Marly M.; PALADINI, Edson P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

COTRIM M. **TPM - Uma metodologia voltada à maximização do rendimento operacional global**. II FÓRUM DATASTREAM DE MANUTENÇÃO. São Paulo, 2002, Anais.

DEMING, W. E. **Qualidade: A revolução da administração**. Rio de Janeiro: Editora Marques – Saraiva, 1990. 363p.

DONADEL, Daniel C. **Aplicação da metodologia DMAIC para redução de refugo em uma indústria de embalagens**. São Paulo, 2008. 122 p.

FIELDING, R. A. P. **Total productive maintenance – TPM, Part 2: Develop autonomous maintenance by operators**. Granco Clark Worldwide. Volume 7, Issue 1, 2000.

GIL, L. A. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 2ª edição, São Paulo: Atlas, 1989, p. 43 – 80.

IMAI, Yassuo. **TPM como estratégia empresarial**. São Paulo: IMC Internacional, 2000.

LAKATOS, Eva Maria. MARCONI, Marina de Andrade. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 296 p.

LINDERMAN, K., Schroeder, R.G., Zaheer, S., Choo, A. **Six Sigma: a goal-theoretic perspective**. Journal Operations Management, 21, pp. 193-203, 2003

MIRSHAWKA, V., OLMEDO, N. L. **TPM a moda brasileira**. Makron Books, 1994, 329p

MONTEIRO, Mário Antônio. **Melhora na Produtividade para cumprimento na demanda: Estudo de caso em uma metalúrgica**. Monografia para Pós Graduação no curso de MBA em Gestão Industrial no Programa FGV Management. Fundação Getúlio Vargas. Campinas, 2015.

MOREIRA, A.C.V.B., DARÉ, C.T., RODRIGUES, M.D.F. et al. **Green Belts Industrial**. v. 6. Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2004

MOUBARY, J. **Maintenance management – A new paradigm**. Maintenance & Asset Management Journal. Volume 11, number 1, January 1996.

OLIVEIRA, M. R., LIMA, C., R., C. **Manutenção integrada: Uma estratégia competitiva**. VI ENCONTRO DE MESTRANDOS E II ENCONTRO DE DOUTORANDOS EM ENGENHARIA. Vol. II/ III, 2002, p.110, Anais.

PALADINI, Edson P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

PALADY, Paul. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: Prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. Tradução Outras Palavras, São Paulo: IMAN, 2004. 296 p.

PINTO, A.K., XAVIER, J. N. **Manutenção função estratégica**. Editora Qualimark, 1999, 287 p.



PRADO FILHO, Hayrton Rodrigues do. RIBEIRO, Haroldo. **Total Productive Maintenance (TPM), Manutenção Produtiva Total**. Banas Qualidade Report. Editora: Epse. 2013.

RESENDE, André Alves. SILVA, Layla Duana dos Santos. **Manutenção Produtiva Total (TPM) como ferramenta para melhoria da eficiência global de equipamento (OEE)**. XXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos. Salvador, 2013.

RIBEIRO, H. **5S Base para a implementação da MPT – Manutenção produtiva total**. CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL. Instituto de Engenharia. São Paulo: 2001, Anais.

RIBEIRO, H. **Curso de formação de facilitadores de TPM**. PDCA – Consultoria em Qualidade, São Paulo, 1999.

Ribeiro, Haroldo. **Desmistificando o TPM, como implementar o TPM em empresas fora do Japão**. São Caetano do Sul, editora PDCA, 2010.

SANTOS, C., M; OLIVEIRA, E., F., Jr.; DIAS, A. **Modelos de gestão envolvendo a produtividade total**. XVI SNPTEE – SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Campinas: 2001, Anais.

STAMATIS, H. DEAN, “**Six Sigma Fundamentals: A complete guide to the system, methods and tools**”. New York, Productivity Press, 2004

SUZUKI, Tokutaro. **TPM em Indústrias de Processos**. Nova York: Productivity Press, 1994. 416 p.

SVENSSON, G. **A framework for the analysis of vulnerability in supply chains**. IMRL 2000 - THIRD INTERNATIONAL MEETING FOR RESEARCH IN LOGISTICS. Trois – Rivières, 2000.

TAVARES, L., A. **Excelência na manutenção – Estratégia para organização e gerenciamento**. Casa da Qualidade. Salvador - BA, 1996, pg. 16 – 19.

VAN DER POL, R. B. **Aplicação do método DMAIC para redução da ocorrência de acidentes ferroviários**. Juiz de Fora – 2011.

WATSIN, G. H. **Cycles of learning: observations of Jack Welch.** Six Sigma Forum Magazine. Milwaukee, v. 1, n. 1, p.13-18, nov. 2001.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Criando a cultura Seis Sigma.** Nova Lima: Werkema, 2004.